



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Pekka Alanen

KATSAUS LAIVOJEN SÄHKÖJÄRJESTELMIIN KEITTIÖTOIMITTAJAN NÄKÖKULMASTA

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Pekka Alanen
Opinnäytetyön nimi	Katsaus laivojen sähköjärjestelmiin keittiötoimittajan näkökulmasta
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	36 + 2 liitettä
Ohjaaja	Kari Jokinen

Opinnäytetyössä tutkittiin laivasähköistyksen perusteita keittiötoimittajan ja alihankkijan näkökulmasta. Työn tavoitteena oli saada aikaan manuaali, jota suunnittelijat voivat käyttää työssään hyväksi. Tässä tapauksessa keittiötoimittaja on SeaKing Oy, joka toimittaa keittiökokonaisuuksia risteilijöihin ja matkustaja-aluksiin. Toimitukseen kuuluu suunnittelu, laitteiden valmistaminen ja joskus myös asennus. Tässä työssä käsitellään myös SeaKingin tarjoamia esisähköistettyjä tuotteita ja automaatiojärjestelmiä sekä luokituslaitosten vaikutusta laivojen sähköasennuksiin.

Työ aloitettiin kartoittamalla tarpeet manuaalissa käsiteltävistä asioista. Työhön haluttiin sisällyttää asiat, jotka ovat muuttuneet laivasähköistyksessä viime aikoina ja ne seikat, joissa on eroja maapuoleen verrattuna. Osa materiaalista hankittiin SeaKingin sisäisestä tietopankista, josta löytyvät telakoiden ohjeet ja muut tekniset materiaalit. Manuaalin vaatimusten kartoituksen jälkeen raportin kirjoitus aloitettiin haastattelujen ja muiden kirjallisten materiaalien perusteella. Työhön koottiin SeaKingin kannalta tärkeimmät seikat, joten valmis työ on hyvin kompakti manuaali.

Laivasähköistykseen on viime aikoina tullut muutoksia, kun järjestelmät ovat muuttuneet yhä enemmän maapuolen järjestelmien kaltaisiksi. Nollajohtimelliset verkot ovat yleistyneet laivoilla ja samalla vanhoista jännitetasoista ja verkoista pyritään pääsemään eroon. Laivalla on käytössä useita eri jännitteitä maapuolen jännitteiden lisäksi. Laivoilla on käytössä luokituslaitosten säädökset, eikä laivan rakennusmaalla tai rekisteröintimaalla ole vaikutusta säädöksiin.

ABSTRACT

Author	Pekka Alanen
Title	Overview of Electrical Installations in Cruise Ships from the Catering System Supplier's Viewpoint
Year	2015
Language	Finnish
Pages	36 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Kari Jokinen

In this thesis the basics of electrical installations in cruise ships was studied from the viewpoint of the catering system supplier and the subcontractor. The aim of this thesis was to create a manual that can be used by the designers. In this case catering system supplier was SeaKing Ltd which delivers complete catering systems to cruise ships and passenger ships. The delivery includes engineering, production of equipment and in some cases installation. This thesis also gives more information about prefabricated products and automation systems provided by SeaKing as well as classifications societies.

The thesis was started by analyzing requirements for the manual. Sections that were included in this manual were things that have been changed lately in ship electrification and things that are different compared to shore electrical installations. Most of material was found from SeaKing internal documentary that includes ship yard instructions and other technical material. After finding out the requirements for the manual, writing down the report was started based on interviews and other material. The completed thesis is compact manual that includes most important points from SeaKing's aspect.

In the thesis it was found out that there have been major changes in ship electrification systems recently because systems have become more common with shore electrical installations. Networks with a neutral wire have become more popular. The number of different voltage levels have been reduced because in ships there is a huge range of different voltage levels in addition to inshore voltages. The ship safety regulations are defined by classification societies and construction or registration country does not have an effect on the regulations.

Keywords	Ship electrification, marine catering systems, classification society, propulsion
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	LAIVOJEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	8
2.1	Propulsio ja sähköntuotanto	9
2.2	Jakelukeskukset ja muuntajat	11
2.3	Akkuvarmennetut järjestelmät ja hätägeneraattori	11
3	LUOKITUSLAITOKSET	13
4	EROJA MAAPUOLEN SÄHKÖISTYKSEEN	15
4.1	Nolla ja suojamaadoitus	15
4.2	Laitteiden kokorajoitukset	16
4.3	Sähkönlaatu	16
4.4	Oikosulku- ja ylikuormitussuojaus	17
4.5	Maasyöttö	17
4.6	Maadoitus	18
4.7	Vinokuormitus	19
4.8	Eristysvastusmittaus	20
5	KAAPELIT JA JOHTIMET	21
5.1	Merkinnät	22
5.2	Kiinnittäminen	22
5.3	Holkitus	23
5.4	Tietoliikennekaapelit	23
5.5	Muuta kaapelointiin liittyvää	24
6	JÄNNITTEET JA TAAJUUDET	25
6.1	400 ja 230 V	25
6.2	440 V	25
6.3	208 ja 120 V	25
6.4	690 V	26
6.5	480 V	26
6.6	24 V AC ja DC	26

6.7	Taajuudet 50 Hz ja 60 Hz	27
6.8	Yhteenveto laivan sähköverkon jännitetasoista	28
7	SEAKINGIN TOIMITTAMAT JÄRJESTELMÄT.....	29
7.1	Esisähköistys.....	29
7.2	Ilmanvaihtojärjestelmät.....	30
7.3	CMS-energianhallintajärjestelmä	32
8	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	

TERMILUETTELO

CMS	Catering Management System, SeaKingin energianhallintajärjestelmä
DB	Distribution Board, jakokeskus
EPB	Emergency Power Board, varavoimakeskus
Galley	Englanninkielinen nimitys laivakeittiöstä
GPB	Galley Power Board, keittiöiden jakokeskus
IMO	International Maritime Organization, YK:n alainen merenkulkualan järjestö
LB	Lighting Board, valaistuskeskus
MAS	Laiva-automaatiojärjestelmä
MSB	Main Distribution Board, päätaulu
UPB	UPS Power Board, keskeytymättömän sähkönsyötön jakokeskus
UPS	Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön sähkönsyöttö

LIITELUETTELO

LIITE 1. Laivavoimakaaapelin tuotekortti

LIITE 2. DNV:n kaapelinmitoitustaulukko

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin SeaKing Oy:lle. SeaKing toimittaa risteilijöihin keittiökokonaisuuksia. Toimitus sisältää suunnittelun ja kalusteiden valmistamisen sekä asennuksen. Kaikista keittiölaitteista SeaKing valmistaa itse noin puolet ja loput hankitaan muilta valmistajilta. Osa laitteista sisältää laajoja kylmäkoneistoja ja lämmittimiä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä laivojen sähköjärjestelmistä helppokäyttöinen manuaali, jota suunnittelijat ja muutkin kuin sähköalan ammattilaiset voivat käyttää työssään hyväksi. Opinnäytetyö käsittelee yleisesti laivojen sähköjä ja erityisesti keittiöiden suunnittelussa huomioon otettavia asioita. Tätä manuaalia voidaan myös käyttää hyväksi laivoilla vianetsinnässä. Korjausrakentaminen yleistyy jatkuvasti ja siksi tämä työ käsittelee myös hieman vanhoja laivoja.

Laivoja on tehty pitkään samalla tavalla, mutta viime aikoina on tullut suuria uudistuksia, kuten nollalliset verkot. Lisäksi SeaKing on kehittänyt uusia automaatiojärjestelmiä, kuten keittiöiden ilmanvaihtolaitteistot ja Catering Management Systemin. Järjestelmistä on kerrotaan tarkemmin kappaleessa 7. Työhön tarvittava materiaali hankittiin pääosin haastatteleamalla SeaKingin työntekijöitä.

Käytännössä kaikki laivalla käytössä olevat säädökset tulevat luokituslaitoksilta. Säädöksiä käyttäen hankaloittaa niiden suuri määrä, eroavaisuudet eri telakoiden ja laivasarjojen välillä sekä erot maapuoleen. Maapuolen vertailulla tarkoitetaan pääasiassa vertailua kiinteiden rakennusten sähköistykseen ja Suomen standardeihin.

2 LAIVOJEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa käsitellään laivojen sähköjärjestelmiä sähkön tuotannosta kulutuslaitteisiin. Katsaus koskee pääosin uusia rakennettavia laivoja. Vanhojen laivojen sähköjärjestelmät ovat hyvin kirjavia, joten mitään yleispätevää ohjetta ei pystytä tekemään.

Laivoissa käytettävät sähköjärjestelmät ovat viime aikoina muuttuneet yhä enemmän maapuolella käytettävien järjestelmien suuntaan. Tällöin keskuskeskukset, suojaukset ja muut laitteet voivat olla samoja kuin maapuolella. Tällä säästetään kustannuksissa ja suunnitteluun kuluva ajassa.

Järjestelmä koostuu päätaulusta tai -kiskosta joka on keskijännitteinen suurissa risteilijöissä. Päätaulu on jaettu kahteen osaan luotettavuuden ja joustavuuden lisäämiseksi. Päätauluun liittyvät suoraan dieselgeneraattorit ja isot kuluttajat, kuten propulsiolaitteet. Keskijännite muutetaan usealla muuntajalla päätaulusta pienjännitteiksi, kuten 690 V ja 400 V, josta se edelleen jaellaan jakokeskusten kautta kuluttajalaitteille. Laivan sähköverkko on siis usein rakennettu säteittäin. /3, 12/

Rakenne muistuttaa hyvin paljon nykyaikaista voimalaitosta. Laivan sähköjärjestelmässä on myös otettu huomioon se, että vähemmän tärkeiltä kuluttajilta saadaan sähkö kytkettyä nopeasti pois erikoistilanteissa, kuten Safe Return to Port. Safe Return to Port tarkoittaa luokituslaitosten turvallisuusmääräyksiä, joiden on täyttyttävä tulipalon tai vuodon jälkeen, jotta laiva pysyy riittävän toimintakuntoisena palatakseen takaisin satamaan. /15/

Laivoilla on tiukat hygieniamääräykset. Nämä määräykset on asettanut USPHS eli United States Public Health Service, joka myös valvoo niiden toteutumista. Hygieniamääräyksillä ei suoranaisesti ole tekemistä sähköistyksen kanssa, mutta se hankaloittaa esimerkiksi laitteiden sijoitusta. Kaikki laitteet on sijoitettava kaappeihin sisälle, vaikka suojausvaatimukset laitteilta muuten täytyisivätkin.

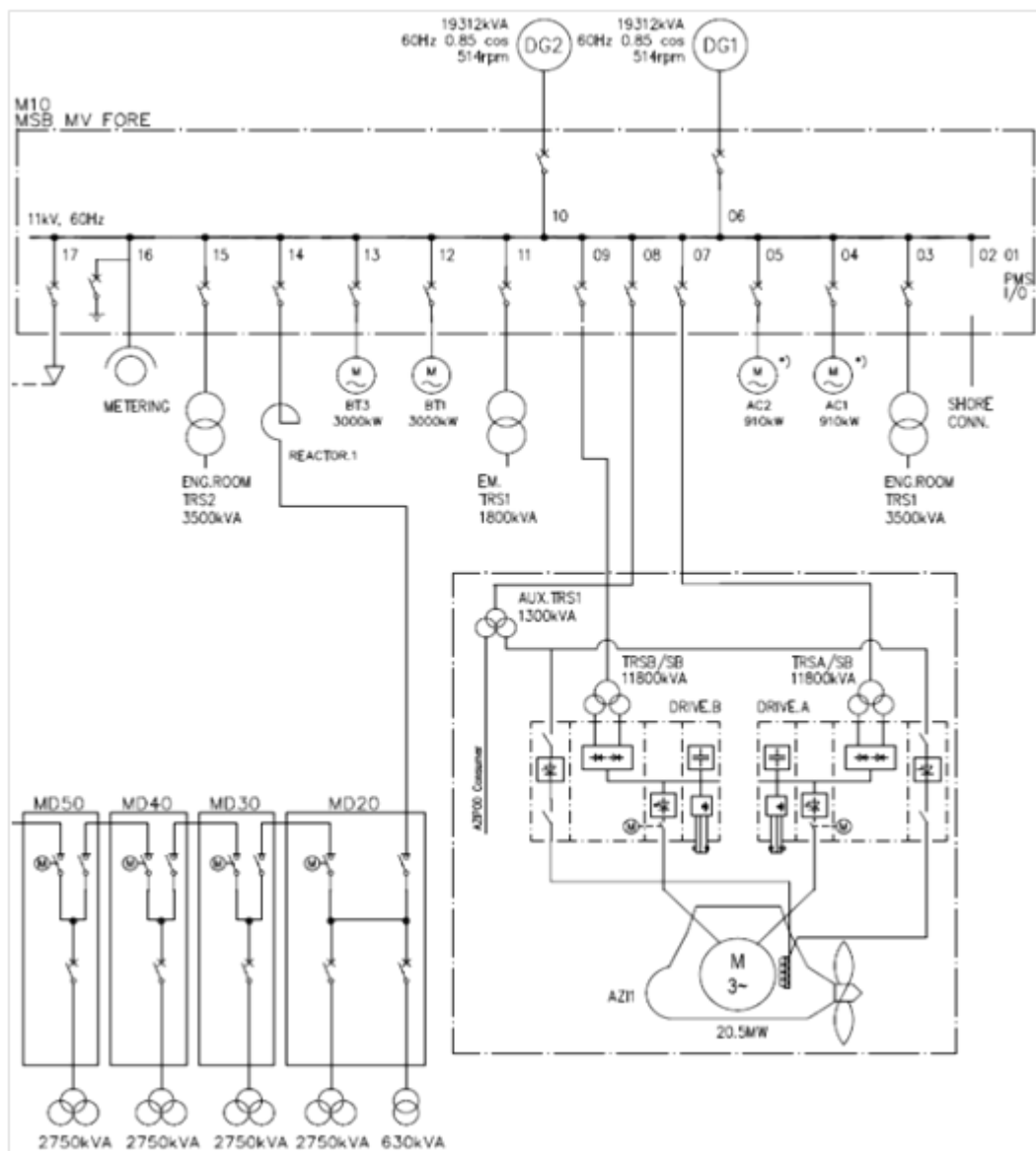
2.1 Propulsio ja sähköntuotanto

Propulsiolla tarkoitetaan laivojen yhteydessä työntövoimaa, jonka potkurit saavat aikaan. Ristelijöissä on nykyään usein käytössä sähkömoottorikäyttöisiä potkureita eli sähköpropulsio, johon sähkö tuotetaan dieselgeneraattoreilla. Samojen dieselgeneraattoreiden sähkö syötetään muuntajille, jotka syöttävät ns. hotellikuormia. Hotellikuormalla tarkoitetaan keittiöiden, hyttien, valaistuksen ja ilmastoinnin vaatimaa sähköä. Kun samat generaattorit syöttävät molempia kuormia, saadaan moottoreiden hyötysuhde paremmaksi. Kun tiedetään sähköntarve, automatiikka osaa laskea kuinka monta moottoria pidetään käynnissä. Lisäksi automatiikka laskee, että moottoreita kuormitetaan aina tasaisesti. /3/

Dieselmoottoareiden hyötysuhde on parhaimmillaan lähellä nimellistehoä. Dieselmoottorit voivat olla erikokoisia, riippuen verkon rakenteesta. Usean dieselmoottorin käyttö helpottaa huoltoa ja lisää käyttövarmuutta, koska laivan on käytännössä aina tuotettava oma sähköntarpeensa. /3/

Sähköpropulsiosta aiheutuu ongelmia kun aallokossa potkurien vaatima teho vaihtelee hetkittäin, jolloin voimakoneiden nopeus ei pysy vakiona. Tehon vaihtelu aiheuttaa jännite- ja taajuusvaihteluita. Laivoille on asetettu rajat taajuus- ja jännitevaihteluille luokituslaitoksilta, mutta ne ovat löysemmät kuin maapuolella. /12/

Esimerkkinä RCCL:n Quantum of the Seas -laivassa on 2x 14,4 MW ja 2x 19,2 MW generaattorit. Päämoottoreina käytetään kahta teholtään 20,5 MW Azipod-potkuria ja kääntöpotkureina 4x 3,5 MW. Lähes poikkeuksetta kaikki risteilijät käyttävät pääpolttoaineena raskasta polttoöljyä ja varapolttoaineena dieseliä. Dieseliä käytetään hätätilanteissa ja joissain tapauksissa satamassa vähentämään päästöjä. /2, 14/



Kuvio 1. Celebrity Silhouetten päätaulun rakenne /3/

Kuviossa 1 on puolet 2011 käyttöön otetun Celebrity Silhouetten päätaulusta. Kuviossa näkyy Azipod-potkuri ja sen vaatimat oheislaitteet. Lisäksi kuviossa näkyy kääntöpotkurit ja muutamia suuria moottoreita. Alhaalla näkyy keskijännitekojeistoja, joiden kautta sähkö jaetaan pienjänniteverkkoihin. Oikeassa reunassa näkyy maasyötön mahdollisuus. PMS-termillä (Power Management System) viitataan laivojen yhteydessä sähkönsyötön automaatiojärjestelmään, joka huolehtii katkaisijoiden ohjauksesta ja

generaattoreiden tahdistamisesta. Fore-sana viittaa keulan puoleiseen pääkiskoon. Kuvioista puuttuu toinen puoli päätaulusta, joka on lähes identtinen. /3, 16/

2.2 Jakelukeskukset ja muuntajat

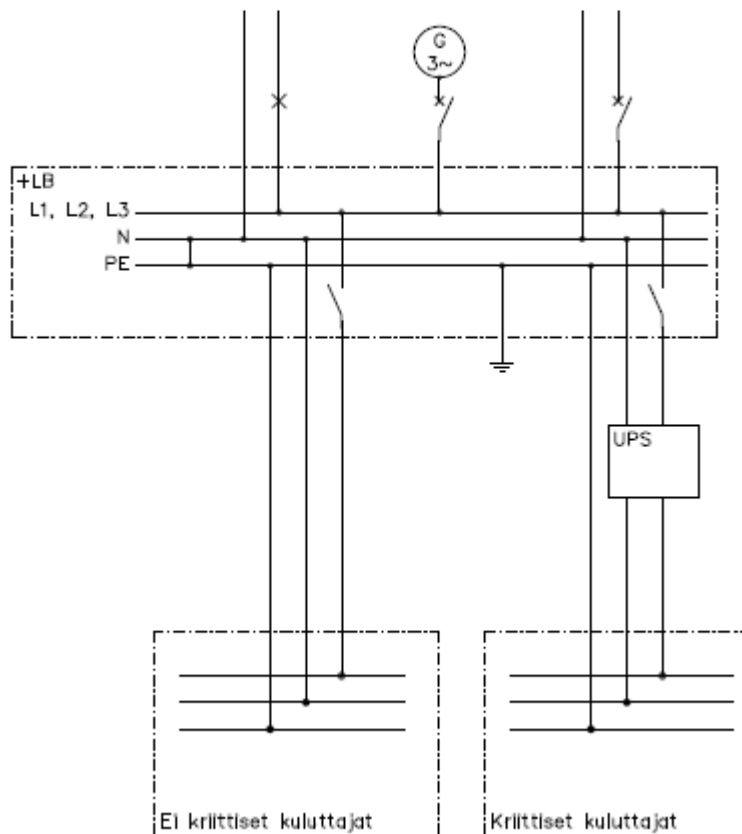
Jännitteet 690 V ja 440 V, jotka ovat tarkoitettuja suuritehoisille laitteille, muunnetaan keskijännitteestä omilla muuntajilla. 400 V ja 208 V, jotka ovat tarkoitettuja pienitehoisille laitteille, syötetään keskijännitteestä omilla muuntajilla tai 690 V- ja 440 V -verkkojen kautta. Uusista laivoista ei löydy 440 V -verkkoa, joten 400 V -verkkoon kytketään suuritehoiset keittiölaitteet ja se syötetään omalla muuntajalla keskijännitteestä. Muuntajina on useimmiten käytössä kuivamuuntajia, joiden etuina on keveys ja pienempi palokuorma. Keskijännitteellä on joskus käytössä kuristimia rajoittamassa oikosulkuvirtaa. /5, 12/

Laivoista löytyy muutamasta kohdasta koko laivan läpi meneviä pystykiskoja, joihin kiinnitetään kompaktikatkaisijoita. Pystykiskojen kautta syötetään tyypillisesti vain 400 V -verkkojen keskuksia. Muiden verkkojen syötöt tulevat omilla kaapeleillaan muuntajilta.

2.3 Akkuvarmennetut järjestelmät ja hätägeneraattori

Laivasta löytyvät varavoimakeskukset, joita voi olla yksi tai useampia, syötetään normaalissa käyttötilanteessa suoraan sähkökeskuksista. Varavoima otetaan käyttöön vain hätätilanteen sattuessa eli käytännössä vain silloin, kun laivan normaali sähköverkko ei ole käytettävissä. Matkustajalaivoilla ei sallita tilannetta, jossa koko laivaverkko on pimeänä, kun siirrytään hätägeneraattorille. Siksi käytössä on hätägeneraattorin lisäksi akkuvarmennetut järjestelmät, kuten kuviossa 2 on esitetty. /1/

Hätävoimajärjestelmään ovat kytkettyinä välttämättömät järjestelmät, joista tärkeimpinä navigointivalot, navigointilaitteistot, palopumput ja hätävalaistus. Hätägeneraattori voidaan sijoittaa ylimmille kansille, jotta se pysyy toimintakuntoisena myös vuototilanteissa. /1/



Kuvio 2. Hätägeneraattori ja laitteiden jako eri järjestelmiin.

Itsenäisellä tai muista riippumattomalla sähkönsyötöllä tarkoitetaan kahta eri syöttöä laitteeseen, mitkä otetaan kahdesta eri päätaulusta tai jakelukeskuksesta. UPS-järjestelmä syöttää laitteita, jotka vaativat keskeyttämättömän sähkönsyötön. Laivalla tällaisia järjestelmiä ovat ATK-laitteistot ja kassajärjestelmät (POS). /1/

Kun käytetään keskuksia, jotka ovat selkeästi tarkoitettu vain keittiölaitteille, voidaan hätätilanteessa kytkeä koko keittiö helposti pois verkosta. Järjestelmää, jossa vähemmän tärkeitä kuluttajia kytketään vian aikana pois, kutsutaan toisarvolaukaisuksi. /9/

3 LUOKITUSLAITOKSET

SeaKing tekee yhteistyötä telakoiden kanssa, jotka sijaitsevat pääasiassa Suomessa, Saksassa, Ranskassa ja Italiassa. Laivan rakennusmaalla ei ole vaikutusta säädöksiin ja standardeihin, vaan ne noudattavat luokituslaitosten säädöksiä. Laivat luokitellaan muun muassa vakuutusyhtiöitä, rahoittajia ja laivavarustajia varten. Päätöksen luokituslaitoksen valinnasta tekee laivan tilaaja yhteistyössä telakan kanssa. Laivaan vaikuttavat säädökset määräytyvät kölin valmistumisen mukaan ja ovat yleensä voimassa koko laivan elikaaren ajan. /14/

Myöskään rekisteröintimaan säädökset eivät koske laivojen sähköasennuksia, joten laivat käyttävät ulkopuolisia luokituslaitoksia. Näitä ovat mm. Det Norske Veritas (Norja), Byreau Veritas (Iso-Britannia) ja Lloyd's Register (Iso-Britannia). Luokituslaitokset valvovat laivoja rakennustöiden aikana ja myös sen operaation aikana. Luokituslaitosten säädökset perustuvat osittain kansainvälisiin IEC-standardeihin. /1/

Luokituslaitosten yläpuolella toimii SOLAS-sopimus, joka on keskittynyt ainoastaan merenkulun turvallisuuteen, yhtenäistämiseen ja kommunikointiin. Käytännössä kaikki kansainvälisessä liikenteessä olevat laivat noudattavat SOLAS-sopimusta. Kansainvälistä SOLAS-sopimusta ylläpitää ja valvoo IMO-järjestö. Luokituksen jälkeen laivoille annetaan yksilöllinen IMO-tunnus. IMO:ssa on viisi pääkomiteaa, jotka koostuvat jäsenmaiden edustajista. /14/

Ristelijöillä on onnettomuuspuskuri, joka koostuu tilaluokituksesta vuoto- ja tulipalotilanteissa. Jos onnettomuuspuskurissa oleva aika ylitetään, alus on evakoitava. Tilan paloluokitus voi olla esimerkiksi A-60. 60 tarkoittaa aikaa minuutteina, jota tilan eristeiden on kestävä, jos viereisessä tilassa on tulipalo. Viereisen tilan keskilämpötila ei saa nousta enempää kuin 140 °C ja kuumiin kohti saa olla lämmennyt maksimissaan 180 °C alkuperäisestä lämpötilasta. Muita luokkia ovat A-0, A-15 ja A-30. Vuototilanteissa onnettomuuspuskuri ylittyy, jos vuoto leviää liian moneen osastoon. /15/

Luokituslaitokset luokittelevat ja antavat sertifikaatteja myös muihin aloihin kuin laivoihin liittyen, kuten teollisuuteen ja muuhun liikenteeseen. Luokituslaitokset ovat yksityisiä yrityksiä, ja ne pyrkivät aina toimimaan puolueettomasti. Luokituslaitokset antavat laivalle tarkistuksen jälkeen luokitusluokan, mutta tämä käytäntö ei koske matkustajalaivoja. /1/

Risteilijät rekisteröidään aina johonkin maahan eli ne purjehtivat tietyn lipun alla. Malta ja Bahama ovat yleisiä, mutta siihen eivät vaikuta juurikaan säädökset vaan muut seikat, kuten verotukseen liittyvät. /7/

Luokituslaitokset lisäävät laivan turvallisuutta ja pyrkivät estämään säädöksillään vaaratilanteiden, kuten sähkökatkojen syntymisen. Luokituslaitokset vaikuttavat pääasiassa mekaanisiin asennuksiin, sähköasennuksiin, palotorjuntaan, ympäristönsuojeluun ja suojelulaitteistoihin. Luokituslaitoksilla on periaatteena, että alus itse on sen paras pelastusvene. /1/

Luokituslaitosten säädöksiä pohjalta telakat ovat luoneet omat ohjeet ja säädökset, joita käytetään pohjana laivojen sähkösuunnittelulle. Tämä ohje jaetaan ulkopuolisille urakoitsijoille, kuten SeaKingille. Ohjeissa annetaan esimerkiksi käytössä olevat jännitetasot, vaatimukset laitteiden merkinnöistä ja suojaustasoista. Ohjeessa on myös lämpötilat, joissa laitteet tulevat todennäköisesti olemaan ja jossa niiden tulee toimia moitteettomasti. Standardoinnissa on myös muodostunut pieniä ongelmia laivojen automaatiojärjestelmien kanssa, koska ennen automaatiota ei juurikaan ollut laivoilla käytössä. Luokituslaitokset eivät ole pysyneet perässä nopeasti kasvaneiden järjestelmien kanssa. /7/

4 EROJA MAAPUOLEN SÄHKÖISTYKSEEN

Eroja maapuolen sähköjärjestelmiin on pääasiassa taajuudet ja jännitteet sekä nollan ja suojamaan käyttö. Laivoilla on useita eri jännitteitä, johtuen laitteista, joita toimitetaan ympäri maailmaa. Myös historialliset seikat vaikuttavat jännitteisiin.

Lisäksi huomioon on otettava laivalle asennettavien laitteiden pitkä käyttöikä. Niiden odotetaan kestävän käyttöä pidempään kuin maapuolella. Tähän vaikuttaa se, että laitteiden korjaus merellä on usein vaikeaa ja kallista. Lisäksi laiva joudutaan ottamaan pois käytöstä suurten korjauksien ajaksi. Muita huomioitavia seikkoja ovat tilojen ahtaus ja korkeat lämpötilat ja ilmankosteus sekä värinän vaikutukset. Kaapelireitit ovat ahtaita ja hankalissa tai luoksepääsemättömissä paikoissa. Kaapeleiden asennus tehdään aikaisessa vaiheessa telakalla, joten alihankkijoiden pitää tietää hyvissä ajoin vaatimukset järjestelmiensä kaapeloinneista. /9/

Keittiöissä on otettava huomioon samoja asioita kuin maapuolellakin, roiskevedet, lämpötilat ja höyry. Luokituslaitos määrittelee vaaditut suojausluokat eri tiloissa ja telakka voi antaa niihin tarkennuksia.

4.1 Nolla ja suojamaadoitus

Vaikka verkot olisivatkin muuten nykyään lähes samankaltaisia kuin maapuolella, on nollan ja suojamaan käytössä eroja. Vanhoissa laivoissa nollajohdin oli harvoin saatavilla. Uudemmissa laivasarjoissa nolla on tarjolla ryhmäkeskuksissa joillakin jännitteillä. SeaKing on toimittanut laitteistoja vain muutamaan laivaan, joissa sähköverkossa on nollajohdin, joten ilman nollajohdinta olevia verkkoja tullaan käyttämään vielä pitkälle tulevaisuudessa. Laivojen nollajohtimelliset sähköverkot ovat yhdistelmä TN-S- ja TT-verkkoja. Tämä johtuu hieman erikoisemmasta maadoitustavasta, josta kerrotaan enemmän kappaleessa 4.6. Ilman nollajohdinta käytettävät verkot vastaavat pääosin maapuolen IT-verkkoa. /6, 12/

Nolla on yhdistetty laivan runkoon heti muuntajan jälkeen pienjännitepuolen pääkeskuksessa. Muuntajana käytetään tyypillisesti Dyn-kytkettyä muuntajaa, jonka toisiokäämin tähtipiste yhdistetään keskuksen nollakiskoon. Keskuskohtaisesti tai muuntajakohtaisesti on asennettu maasulunvalvontareleet, jotka mittaavat summavirtaa keskuksien syötöistä. /3/

Uusissa tai tulevilla laivoissa on suuntana jättää nollajohtimet pois nousukaapeleista ja yhdistää keskusten nollakisko laivan runkoon. Tällöin säästetään kustannuksista. Haittana on se, että rungossa kulkee virtoja jotka voivat aiheuttaa esim. potentiaalieroja. /5/

Vanhoissa ja myös nykyisissä laivoissa, kun käytössä ei ollut nollaa, oli käytössä erikseen 400 V- ja 230 V- tai 208 V- ja 110 V -verkot tai niiden yhdistelmä, joissa laitteita käytettiin kahden vaiheen välillä. /6/

4.2 Laitteiden kokorajoitukset

400 V -verkko voidaan jakaa pienille ja suurille kuluttajille, varsinkin siinä tapauksessa jos 440 V -verkkoa ei ole erikseen. Keittiöissä suurten kuluttajien jakokeskuksia kutsutaan GPB:ksi ja pienten LB:ksi. Isompien laitteiden kokoa rajoitetaan tehorajalla, jonka ylittävien laitteiden tiloilta vaaditaan paremmat paloluokitukset. Paloluokituksista kerrotaan tarkemmin kappaleessa 3. /5/

Jos tilassa on keittiölaite, jonka teho on esim. yli 5 kW, pitää tilaluokitusta muuttaa. Usein on helpompaa pienentää laitteen teho alle sallitun rajan. Monilla valmistajilla laitteissa on valittavissa kytkennällä tai oikosulkupalalla pienempi teho, eikä täten tarvitse valmistaa kahta eri mallia. SeaKingin toimittamissa keittiöissä tehorajoitus voi koskea vain keittiölaitteita. On tulkinnanvaraista mitkä laitteet luokitellaan keittiölaitteiksi, esim. pesukoneiden tulkinta riippuu laivasta. /5/

4.3 Sähkönlaatu

Telakka määrittelee alihankkijoille laivalla käytettävissä olevan sähkön laadun. Laatu määritellään mm. jännitteen ja taajuuteen vaihteluvälillä sekä särötehon

määrällä. Säröteholla tarkoitetaan yliaaltojen tehollisarvon suhdetta kokonaisvirran tehollisarvoon. Alihankkijoiden on täten tehtävä laitteistaan sellaisia, että ne toimivat kyseessä olevassa verkossa. SeaKing asentaa joihinkin laitteisiin suodattimia varmistaakseen toiminnan sähkön laadusta riippumatta. /12/

Jännitevaihtelut ovat suuria varsinkin laivoissa, joissa on käytössä sähköpropulsio, koska propulsiolaitteiden teho on suuri verrattuna laivan kokonaistehoon. Vanhemmissa laivoissa jännitepiikit ovat suurimmillaan 690 V- ja 440 V - verkoissa, mutta 400 V- ja 208 V -verkoissa ne ovat vaimentuneet, koska usein sähkö syötetään kahden muuntajan läpi. SeaKingin toimittamissa keittölaitteissa ei usein ole haittaa pienistä ylijännitteistä, varsinkin kun kyse on vastuksista tai moottoreista. Siksi ylijännitesuojia ei yleensä ole käytössä.

4.4 Oikosulku- ja ylikuormitussuojaus

Oikosulku- ja ylikuormitussuojien käytössä ei ole suuria poikkeuksia maapuoleen. Ryhmäkeskuksissa on käytössä johdonsuojakatkaisijoita ja ryhmäkeskusten suojina käytetään kompaktikatkaisijoita. Kahvasulakkeet ja tulppasulakkeet ovat laivakäytössä harvinaisia. /6/

Vikavirtasuojakytkimet alkavat tulevaisuudessa yleistymään laivoilla. Ne toimivat oikein ainoastaan uusissa nollallisissa verkoissa. Jos laite on kytketty kahden vaiheen väliin, käytetään 2-napaista johdonsuojakatkaisijaa. Vaiheen ja nollan väliin kytkettäessä käytetään 1-napaista suojaa. Laitetoimittajan kannalta on aina varmempaa käyttää 2-napaista suojaa. /11/

4.5 Maasyöttö

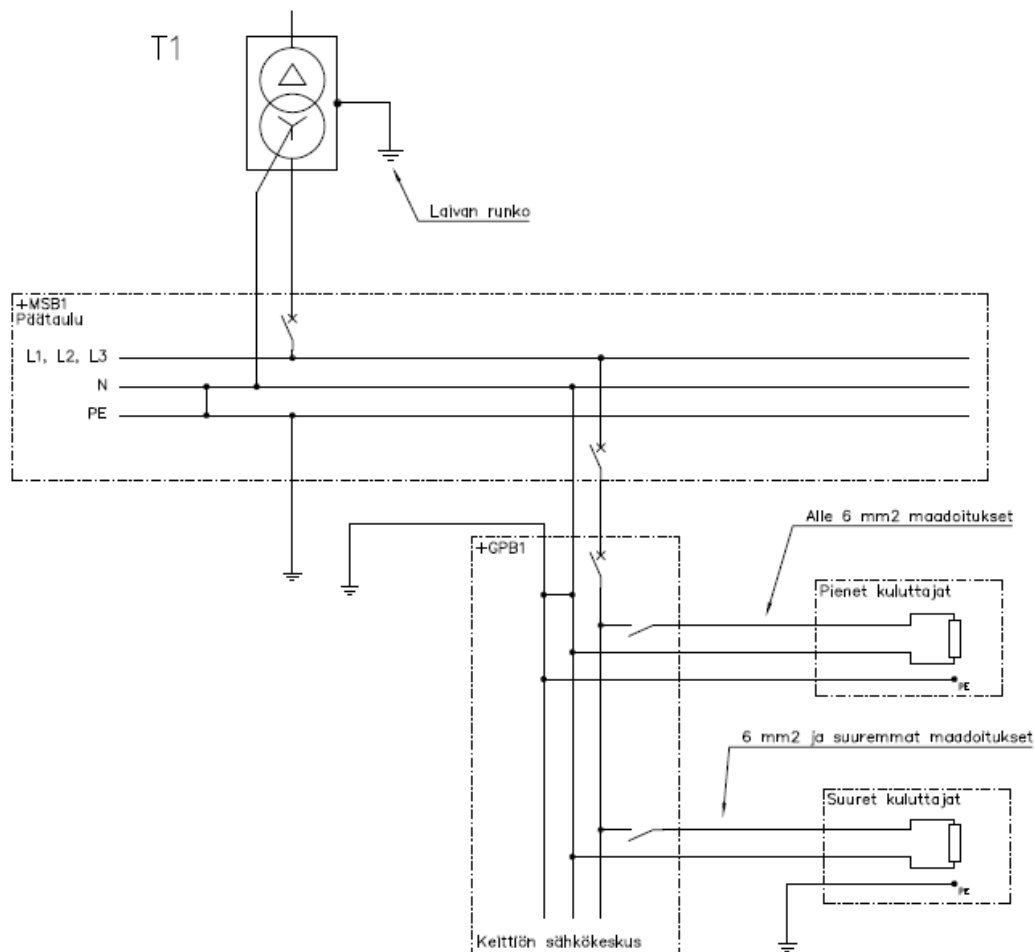
Laivoilla yleisin käytetty taajuus on 60 Hz. Tästä aiheutuu ongelma laivojen maasyöttöä ajatellen. Maapuolen 50 Hz sovittaminen 60 Hz olisi mahdollista käyttäen taajuusmuuttajaa. Ratkaisu on yleinen pienemmissä aluksissa, joissa tehontarve satamassa on pieni. Suurissa risteilijöissä teho on niin suuri, ettei taajuusmuuttajaa ole mahdollista käyttää, eikä täten laivaa syötetä maalta ollenkaan. Amerikassa on käytössä maasyöttö joissain satamissa, koska siellä yleisesti käytetty taajuus on sama. /14/

Kun laiva telakoidaan pidemmäksi aikaa, kytketään laiva suoraan maaverkkoon, koska generaattoreita ei voida pitää käynnissä koko korjauksen ajan. Taajuuden vaihdosta aiheutuu kuitenkin häirtä vain harvoille suoraan verkkoon kytketyille moottoreille. /14/

4.6 Maadoitus

Maadoittamiseen ei juurikaan ole erikoissääntöjä. Maadoitusjohtimen mitoitus on 2 perussääntöä: 16 mm^2 ja alle poikkipintaisilla kaapeleilla vähintään vaihejohtimen poikkipintainen maadoitusjohdin ja sitä suuremmilla vähintään puolet vaihejohtimen poikkipinta-alasta, kuitenkin vähintään 16 mm^2 , mutta enintään 70 mm^2 . Jos laitteeseen tuodaan erillinen suojamaadoitus, on sen johtimen pinta-ala oltava vähintään 4 mm^2 . /1, 12/

Keittiölaitteet on maadoitettava kuten maapuolellakin. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tasoja ei tarvitse maadoittaa erikseen. Telakka voi päättää mikä on raja sille, että laite maadoitetaan suoraan runkoon, eikä maadoitusta tuoda keskukselta. Usein raja on, että alle 6 mm^2 maadoitusjohtimet viedään keskukselle kuvion 3 mukaisesti. /12/



Kuvio 3. Maadoitustavat laivasähköistyksessä

4.7 Vinokuormitus

Vinokuormituksella tarkoitetaan tilannetta, jossa vaiheita kuormitetaan erisuuruisilla kuormilla. Tällöin nollajohtimessa kulkee virtaa. Mikäli nolla olisi ns. kelluva, aiheutuisi vinokuormituksesta vaihejännitteiden vääristymistä. Kelluvalla nollapotentiaalilla tarkoitetaan nollaa, jota ei ole yhdistetty sähkölähteen ja kuluttajan tähtipisteisiin. Laivakäytössä nollajohdin on nykyään käytössä 400 V- ja 208 V -verkoissa, joten vinokuormituksesta ei ole käytännössä haittaa, varsinkaan kun kuorma pyritään jakamaan tasaisesti vaiheiden kesken ja suurimmat kuluttajat ovat kolmivaiheisia. 690 V- ja 440 V -verkoissa laitteet on pyrittävä suunnittelemaan niin, että ne kuormittavat tasaisesti kaikkia vaiheita.

4.8 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittaus pitää tehdä uusiin laitteisiin kuten maapuolellakin. Kaikki SeaKingin toimittamat laitteet testataan eristysvastusmittaamalla. Taulukossa 1 on esitetty DNV:n vaatimukset eristysvastusmittauksista. Ongelmia eristysvastusmittauksessa aiheuttavat lämmitysvastukset, jotka saattavat heti asennuksen jälkeen mitattaessa mennä yli raja-arvoista. Kun vastukset kuivuvat ajan myötä, menee eristysvastusmittaus läpi. /6/

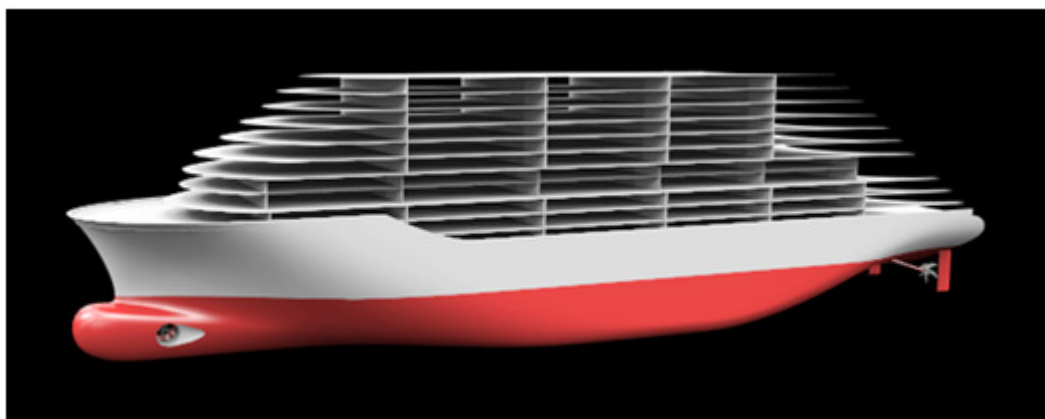
Taulukko 1. Eristysvastusmittauksen raja-arvot /1/

Nimellisjännite (V)	Testausjännite (V)	Vaadittu eristysvastus (MΩ)
$U_n \leq 250$	$2 \times U_n$	1
$250 < U_n \leq 1000$	500	1
$1000 < U_n \leq 7200$	1000	$(U_n / 1000) + 1$
$7200 < U_n \leq 15000$	5000	$(U_n / 1000) + 1$

5 KAAPELIT JA JOHTIMET

Mitoituksen perussäännöt pätevät laivalla kuten maapuolellakin. Telakka määrittelee kaapelit, joita projektissa käytetään. Laivakaapeleiden on oltava maapuolen kaapeleihin verrattuna paloturvallisempia eli palamattomia tai vähemmän myrkyllisiä kaasuja tuottavia. Lähes poikkeuksetta kaapelit ovat halogeenivapaita tai itsestään sammuvia. Liitteessä 1 on Nexansin esimerkki laivalla käytössä olevasta voimakaapelista. Huomioitavaa on myös, että asennuslistojen ja muiden kaapelireittien pitää täyttää samat vaatimukset kuin itse kaapeleiden. Pinta-asennus on yleisin asennustapa laivoilla. Keittiölaitteiden syöttökaapelin poikkipinnan määrää telakka ilmoitetun tehon perusteella. /1/

Huomioitavaa on se, että paloturvalliset eristeet kasvattavat kaapelin poikkipintaa, mikä taas vaikuttaa läpivientieihin. Laivalla paljon käytetyt rosterirakenteet vaikeuttavat myös läpivientien tekemistä. Läpiviennit laitteisiin suositellaan tehtäväksi alta tai sivulta, ei kuitenkaan päältä. Tyypillisesti laiva jaetaan palo-osastoihin kerrosten mukaan ja jokainen kerros pituussuunnassa erikseen palo-osastoihin kuvion 4 mukaisesti. Palo-osastojen välisten läpivientien tekemistä on vältettävä. /1, 12/



Kuvio 4. Laivan jako palovyöhykkeisiin. /4/

Voimakaapelit ovat tyypillisesti PEX-eristeisiä. Johtimina on sallittua käyttää ainoastaan monisäikeistä ja hienosäikeistä tärinän vuoksi. Yksisäikeisten johtimien käyttäminen on poikkeuksetta kielletty. Johdinmateriaalina käytetään

lähes poikkeuksetta kuparia. PVC-eristeisille kaapeleilla suurin sallittu käyttölämpötila on +70 °C, XLPE-eristeisille +85°C, PEX-eristeisille +90 °C ja silikonieristeisille +95 °C. /1/

Kaapeleiden vaatimuksiin vaikuttaa järjestelmä, jossa sitä käytetään ja lisäksi vaikuttaa se millaisten alueiden läpi kaapeli kulkee. Telakka määrää usein myös, että moninapa- ja ohjauskaapeleissa on oltava riittävä määrä vapaita pareja laajennusta varten. /12/

Telakan ja luokituslaitosten määritykset ovat lievemmat sisäisille kuin ulkoisille kaapeleille. Laitteet tulevat useilta valmistajilta, eikä SeaKing tai telakka voi vaatia valmistajaa vaihtamaan sisäisiä johdotuksia vastaamaan ulkoisten kaapeleiden vaatimuksia. Joskus on epäselvää, mihin vedetään raja sisäisten ja ulkoisten kaapeleiden välille. /5/

Det Norske Veritakselta löytyy valmis taulukko kaapeleiden poikkipinnan mitoittamiseen. Mitoituksessa on oletettu, että kaapelit ovat 45 °C lämpötilassa, eikä muilla tekijöillä ole vaikutusta. Vertailuna maapuolella oletetaan kaapelin olevan 25 °C:ssa. Jos kaapeli on jossain muussa lämpötilassa, käytetään liitteen taulukkoa lämpötilan korjauskertoimista. Taulukot löytyvät liitteestä 2. /1/

5.1 Merkinnät

Esimerkkinä laitteiden merkinnöistä telakka voi määritellä kielen, kirjainten ja taustan värin sekä käytettävän materiaalin. Lisäksi yleensä määritellään, että merkinnät on suojattava lakkaamalla. Laitteiden sisällä käytetään tulostettuja merkintöjä ja ulkona metallilevyyn kaiverrettuja. Merkinnöistä on tehtävä sellaisia, että kytkennän pystyy tekemään uudelleen kuvien perusteella. /12/

5.2 Kiinnittäminen

Kaapeleiden kiinnitykseen soveltuu normaalit muoviset nippusiteet pääsääntöisesti vain sisätiloissa. Muualla on käytettävä ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä. Johtoteinä käytetään pääasiassa

kaapelihyllyjä, ja liittynät keittiölaitteisiin tehdään suojaputkilla näkyvillä pinnoilla, jolloin kaapeli pysyy suojattuna. /12/

5.3 Holkitus

Holkitus eli johtimen päättäminen, on pakollinen muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Pienillä johtimilla käytetään holkkeja ja suuremmilla voimakapeleilla kaapelikenkiä. Jousikuormitteiset liittokset ovat yleistyneet ja niille on annettu poikkeuksia holkkien käytössä. Kaikista laitteista ei ole saatavilla ruuviliitoksilla varustettua mallia. /6/

5.4 Tietoliikennekaapelit

SeaKing käyttää CAT-kaapeleita pääasiassa vain omissa automaatiojärjestelmissään. CAT-kaapeleita käytetään tiedonsiirtoon Profinet-verkossa PLC-laitteiden välillä ja myös muiden, kuten sarjaliikenteen tiedonsiirtoon.

CAT-kaapeleissa on tällä hetkellä käytössä kategoriat 5, 5e, 6, 6e ja 7. Vaadittava kaistanleveys määräytyy kategorian mukaan. Kaistanleveyttä pienentää parien välinen ylikuuluminen (crosstalk), joka aiheutuu kun parit menevät ristiin tai niiden välistä kierrettä on avattu liikaa. Taulukossa 2 on esitetty eri luokilta vaadittavat kaistanleveydet. 1,2 GHz kaistanleveys vaatii liittimen, jossa parien välistä ylikuulumista on vähennetty. /13/

Automaatiojärjestelmissä kaistanleveyttä tärkeämpää on parien ja kaapelin suojaus, joka ilmaistaan esimerkiksi tunnuksilla SFTP, FTP ja UTP.

Taulukko 2. Vaaditut kaistanleveydet CAT-kaapeleille. /13/

Kategoria	Kaistanleveys	Liitin
5	100 MHz	RJ45
5e	100 MHz	RJ45
6	250 MHz	RJ45
6e	500 MHz	RJ45
7	600 MHz	RJ45
7	1,2 GHz	TERA

5.5 Muuta kaapelointiin liittyvää

Signaalikaapeleilla eli heikkovirtakaapeleilla on otettava huomioon maadoitus, jota ei aina suositella tehtäväksi molemmista päistä. Mikäli signaalikaapeli maadoitetaan molemmista päistä, saattaa syntyä tilanne jossa potentiaalierojen takia syntyy virtaa, joka kulkee signaalijohtimen maadoitusta pitkin. Ethernet-kaapelit ovat tähän poikkeus, eli ne maadoitetaan molemmista päistä. Voimasähkö- ja heikkovirtakaapeli tulisi aina pitää etäällä toisistaan. Tähän tosin SeaKing ei juurikaan voi vaikuttaa, koska kaapelien asennuksen hoitaa aina telakka.

6 JÄNNITTEET JA TAAJUUDET

Telakka määrittelee, mitä jännitteitä laivalla on saatavilla. Urakoitsijat, kuten SeaKing, toimittavat jännitteen ja tehontarpeen telakalle, joka päättää laitteiden syötöt. Refit eli korjausasennuksissa ei aina ole saatavilla laitteen nimellisjännitettä keskusten sijainnin ja mitoitusien takia. Siksi joudutaan käyttämään muuntajia, joilla jännite saadaan laitteelle sopivaksi.

6.1 400 ja 230 V

400 V -verkko on nykyään yleisin laivalla käytössä oleva verkko. Se voidaan jakaa erikseen pieni- ja suuritehoisille kuluttajille. Pienitehoiseen verkkoon voidaan liittää valaistusta ja pistorasioita ja suuritehoiseen lämmittimiä ja keittölaitteita. Yksivaiheisten laitteiden tehoa rajoitetaan, jotta vältetään vinokuormitusta. Laitteiden tehoraja vaihtelee kahden ja kolmen kilowatin välillä. /5/

Verkossa on mahdollista käyttää myös yksivaiheisia laitteita vaiheen ja nollan välillä. Vanhoissa laivoissa on erikseen muuntaja, jolla saadaan tehtyä verkko, jossa pääjännite on 230 V ja jossa laitteita käytettiin kahden vaiheen välillä.

6.2 440 V

440 V on tarjolla ilman nollaa, eikä sitä ole yleisesti käytössä maapuolella. Se on ollut yleinen vain laivakäyttöön suunnitelluissa laitteissa, mutta sitä on myös käytetty Amerikassa vanhoissa laitteissa. 440 V -jännitteestä yritetään hiljalleen päästä eroon. Se ei kuitenkaan tarjoa etuja muihin verkkoihin nähden, mutta tuottaa lisätyötä kaapeloinnin ja keskusten takia. /6/

6.3 208 ja 120 V

208 V -verkko on tarjolla kolmivaiheisena nollallisena verkkona uusissa laivoissa tai ilman nollaa vanhoissa. Vaiheen ja nolla välistä saadaan 120 V, joka tunnetaan paremmin 110 V- tai 115 V -verkkona. 208 V -verkko on tarkoitettu vain amerikkalaisille laitteille ja hyttien pistokkeille, muuten sitä käyttävien laitteiden

määrää pyritään vähentämään. Vanhoissa laivoissa joissa ei ole nollaa, on tehty erikseen toinen verkko jonka pääjännite on 120 V. /5, 14/

6.4 690 V

690 V -verkko on tarkoitettu suurille kuluttajille. Siinä ei ole nollajohdinta ja se on maasta erotettu. SeaKingin ei juurikaan toimita laitteita 690 V:n verkkoon. Jossain poikkeustapauksissa, jos on tarjolla vain pienitehoisten laitteiden 400 V -verkko, voidaan 690 V -jännite muuttaa SeaKingin laitteille sopivaksi muuntajilla. Uusissa asennuksissa 690 V -verkko on pääasiassa käytössä vain konehuoneissa. /5, 14/

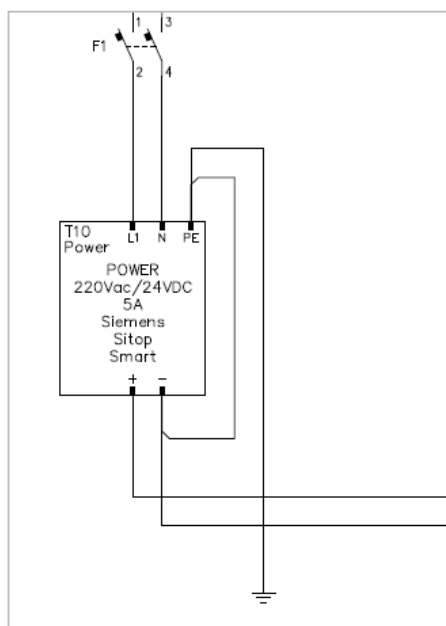
6.5 480 V

480 V on Amerikassa maapuolella käytössä oleva suurille kuluttajille tarkoitettu jännite. Sitä ei ole laivoilla käytössä, mutta siihen suunniteltuja laitteita käytetään harvoin laivoilla. Silloin voidaan usein käyttää samaa laitetta suoraan 440 V -verkossa, koska jännite-ero on riittävän pieni. /6/

6.6 24 V AC ja DC

Laivoilla on saatavilla ohjausjännitteitä kuten 24 V AC/DC. Ongelmaksi ko. jännitteiden käytössä suoraan laivan verkosta muodostuu etäisyydet ja siitä johtuva jännitteenalenema. Siksi on tyypillisempää ja suositeltavampaa tuottaa 24 V -jännite suoraan laitteessa. /1, 12/

Kuvion 5 mukaisesta DC-jännitteen miinuksen maadoittamisesta ei ole käytössä varsinaisia sääntöjä. Maadoittamisella saavutetaan etuja häiriöiden kannalta, koska anturit tai muut laitteet saattavat vuotaa virtaa maahan. Maadoituksella menetetään etuja vikakestoisuudessa, koska kelluvassa DC-järjestelmässä voi johdin ottaa maahan ja järjestelmä toimii silti normaalisti.



Kuvio 5. Miinuksen maadoittaminen DC-jännitteellä

6.7 Taajuudet 50 Hz ja 60 Hz

Laivoissa käytetään pääsääntöisesti kahta taajuutta: 50 ja 60 Hz. 60 Hz on huomattavasti yleisempi. Syitä tähän on mm. amerikkalaiset laitteet, jotka käyttävät maapuolella ko. taajuutta. Lisäksi esim. moottoreiden kokoa voidaan hieman pienentää, kun taajuus on suurempi. 60 Hz on jäänyt elämään yleisemmäksi taajuudeksi lähinnä vanhojen laivojen sähköjärjestelmistä. /14/

50 Hz:in etuja ovat eurooppalaisten laitteiden yhteensopivuudet ja mahdollisuus käyttää satamassa maapuolen sähköverkkoa. Tulevaisuudessa asia saattaa muuttua niin, että 50 Hz yleistyy. /7/

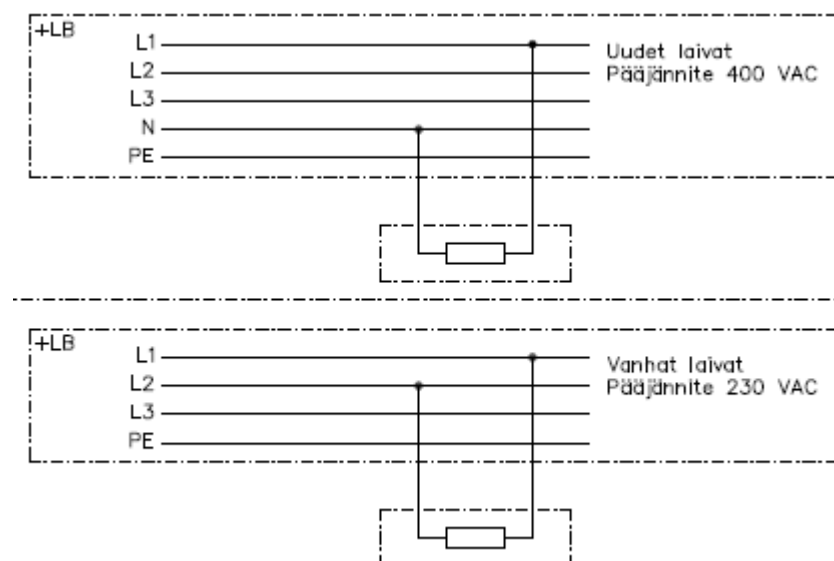
Taajuus vaikuttaa SeaKingin kannalta vain harvoihin laitteisiin. PLC-jännitelähteet ja taajuusmuuttajat toimivat molemmilla taajuuksilla. Myöskään lämmittimet, jotka sisältävät vain vastuksia, toimivat molemmissa verkoissa ilman muutoksia. Eniten taajuus vaikuttaa suoraan verkkoon kytkettyjen moottoreiden pyörimisnopeuteen. SeaKingin tapauksessa nämä ovat käytännössä kompressoreita ja puhaltimia.

6.8 Yhteenveto laivan sähköverkon jännitetasoista

Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto käytössä olevista jännitteistä ja nollajohtimen käytöstä. Kuviossa 6 on esitetty uusien ja vanhojen laivojen verkot sekä 230 V-yksivaihekuorman kytkentä valaistuskeskukseen.

Taulukko 3. Yhteenveto jännitetasoista

Pääjännite (vaihejännite)	Nollajohdin	Uudet laivat	Vanhat laivat
400 (230) V	x	x	
400 V			x
230 V			x
440 V		(x)	x
208 (120) V	x	x	
208 V			x
120 V			x
690 V		x	x



Kuvio 6. Yksivaihekuorman kytkentä uusissa ja vanhoissa laivoissa.

7 SEAKINGIN TOIMITTAMAT JÄRJESTELMÄT

SeaKingin päätuote on keittiöjärjestelmä ja tässä luvussa käsitellään muita keittiötoimituksiin liittyviä oheisjärjestelmiä. Kaikki asennukset voidaan tehdä myös Refit, eli korjausrakennuksena. Korjausrakennus yleistyy koko ajan ja se asettaa omat haasteensa kaapeloinnille ja laitteiden syöttötehojen mitoitukselle sekä jännitteiden saatavuudelle.

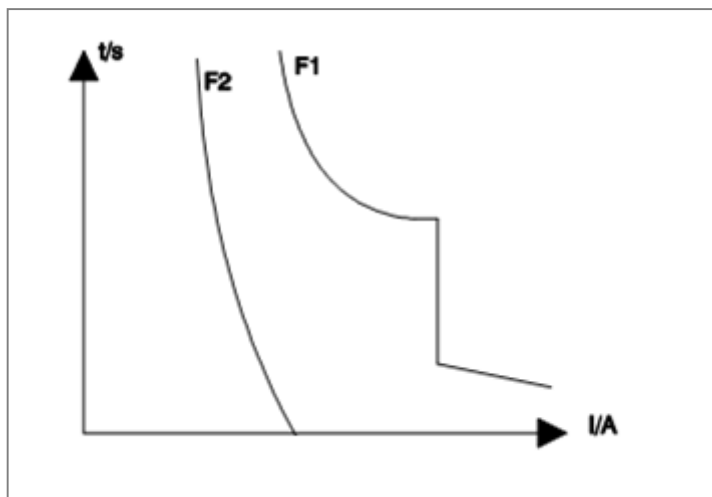
7.1 Esisähköistys

SeaKing valmistaa laivojen keittiöissä käytettävät kalusteet ja tasot pääosin omalla tehtaalla Puolassa. SeaKing myös toimittaa ulkopuolisten valmistajien laitteet tasoihin ja pöytien alle. Telakalle on helpompaa, mitä vähemmän laitteisiin tarvitsee tuoda kaapeleita. Laivalla työskentelyyn käytetty aika on myös rajallisempaa ja kalliimpaa. SeaKing tarjoaa ratkaisuksi esisähköistettyjä kalusteita.

Esisähköistysratkaisuja on tarjolla erilaisia. Toisessa vaihtoehdossa tason alle on sijoitettu pieni sähkökeskus johon tuodaan syöttökaapeli laivan jakokeskuksesta. Kaapissa on oikosulku- ja ylikuormitussuojat. Sisäiset johdotukset laitteille tehdään valmiiksi tehtaalla. Toinen vaihtoehto on, että tason sähkökaapissa on vain riviliittimet ja siihen tuodaan erilliset kaapelit kaikille laitteille. Telakalle tästä on etuna se, että kaikki kaapelit tulevat samaan paikkaan.

Tärkeintä on huolehtia siitä, että laitteiden syötössä on vain tarvittava määrä suojauksia. Mikäli jakokeskukseen ja tason sähkökeskukseen asennetaan sulakkeet, voi viassa laueta kumpi sulake tahansa. Täten järjestelmä ei ole selektiivinen. Selektiivisyydellä tarkoitetaan suojauksien toimintaa oikosulussa. Kun laitetta syötetään kahden oikosulkusuojan läpi, pitää suojien laukaisurajojen olla riittävän etäällä toisistaan. Normaaleilla sulakkeilla ei puhuta magneettilaukaisusta, vaan laukaisukäyrä on tasaisesti laskeva suora. Oli käytössä sitten johdonsuojakatkaisijoita tai sulakkeita, laukaisukäyrät eivät kuitenkaan saa leikata toisiaan. Jos laitetta lähimpänä suojauksena on pienempi sulake ja kauempana on johdonsuojakatkaisija, käyrät eivät leikkaa toisiaan ja täten

järjestelmä on selektiivinen. Kuviossa 7 F2-käyrä esittää sulaketta ja F1- käyrä johdonsuojakatkaisijaa. /10/



Kuvio 7. Sulakkeen ja johdonsuojakatkaisijan laukaisukäyrät /10/

7.2 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan keittiölaitteiden yläpuolelle sijoitettuja ilmastointikupuja, niiden puhdistusjärjestelmiä ja palopeltien ohjausta. Koska SeaKing suunnittelee keittiökokonaisuuksia, on sen myös helppo toimittaa niiden ilmastointikuvut ja ohjausjärjestelmät, joita koskevat samat hygieniavaatimukset kuin itse keittiölaitteita. Järjestelmän perustana on Siemensin PLC, joka täyttää järjestelmältä vaadittavat vaatimukset. Pitkä käyttöikä ja luotettavuus ovat tärkeitä tekijöitä, kustannustehokkuuden ja muokattavuuden lisäksi. Ilmanvaihto koostuu useista väylään kytketyistä hajautuksista, joten järjestelmä skaalautuu helposti. Järjestelmä toteutetaan ringiverkkona, eli se kestää yhden laitteen vikaantumisen.

Ilmanvaihtojärjestelmät poistavat keittiöistä laitteiden tuottamaa lämpöä ja höyryä. Keittiöiden nimellinen sähköteho voi olla yli megawatin ja tästä suurin osa on lämpökuormaa. Lisäksi suurimmat laitteet käyttävät höyryä lämmittämiseen.

Laivan ilmastoinnin ohjaus on monimutkainen järjestelmä, varsinkin jos sitä ohjataan laitteiden tilatietojen mukaan. Tilatiedot saadaan CMS-järjestelmästä

virranmittausten perusteella. SeaKing ohjaa ainoastaan palopeltejä ja puhaltimien kierrosnopeuden säätö on laiva-automaation vastuulla. Tämän vuoksi on tärkeää pitää puhaltimet painesäädöllä, muuten kaikkien palopeltien sulkeutuessa samanaikaisesti esim. tulipalon takia, syntyy ilmastointikanaviin alipaine. Kommunikointi laiva-automaatioon tapahtuu väylää pitkin, I/O-signaaleilla tai näiden yhdistelmällä.



Kuvio 8. SeaKingin tuotteita asennettuna TUI Cruises Mein Schiff 4 –risteilijälle.

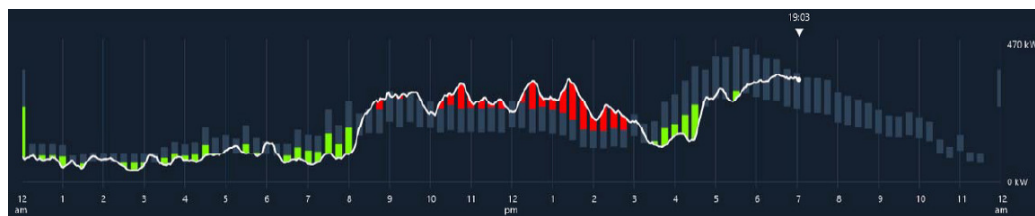
Kuviossa 8 näkyy SeaKingin toimittama taso johon on asennettu SeaKingin toimittamia keittiölaitteita. Laitteiden yläpuolella näkyy SeaKingin ilmanvaihtolaitteita, joita voidaan ohjata laitteiden tilatietojen mukaan.

7.3 CMS-energianhallintajärjestelmä

CMS eli Catering Management System on SeaKingin oma tuote, ja se koostuu virranmittauksista, logiikoista, tietokantaserveristä ja loppukäyttäjälle näkyvästä inforuudusta. Järjestelmä opastaa käyttäjää sammuttamaan laitteet oikeaan aikaan ja tarvittaessa estää laitteen käytön, jos ominaisuus on käytössä. /8/

Virranmittauksesta saatu tieto yhistetään laitteen nimellistietoihin. Laitteen tilatiedon muodostamiseen tarvitaan vielä tietoa laitteen ottotehon käyttäytymisestä. Useimmat laitteet ovat termostaattiohjattuja, joiden ottoteho voi olla pitkään nolla. Viive tilatiedon vaihtumisessa on oltava riittävän pitkä virrattomien ajanjaksojen välillä. /8/

Kuviossa 9 on esitetty CMS-järjestelmän keräämää kulutustietoa. Harmaat palkit ovat optimaalisia laitteiden käyttöaikoja. Keskellä palkkia on optimointiprofiilin nimellispiste ja ylä- ja alareuna ovat sallitun vaihteluvälin ylä- ja alarajat. Vihreät ja punaiset palkit kertovat, että keittiö ei ole käytössä optimaalisesti energian säästön kannalta.



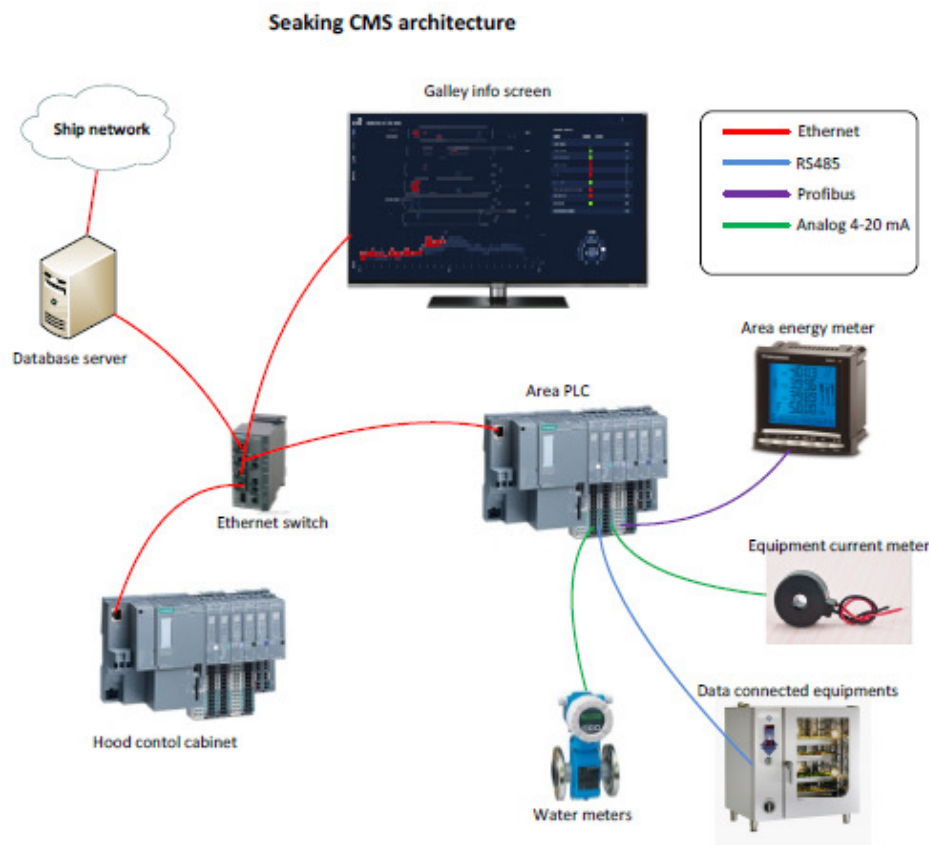
Kuvio 9. Keittiön optimaalinen käyttöprofiili.

Järjestelmän todellinen hyöty saadaan, kun laitteiden tilatiedot yhdistetään ilmanvaihtojärjestelmään ja laitteen kohdalla olevaa palopeltiä ohjataan sen mukaan, onko laite päällä vai ei. Tällaista järjestelmää kutsutaan nimellä Demand Based Ventilation eli tarpeenmukainen ilmastointi. Kun ilmastointia ohjataan sen mukaan onko laite päällä, syntyy säästöä, kun ilmastoinnin tehontarve pienenee. Perinteisesti ilmastoinnin palopellit ovat jatkuvasti auki ja puhallin vakionopeudella eikä paineohjattuna vaikka keittiötä ei edes käytettäisi. Vastaavia

järjestelmiä on toteutettu laitteiden päälle asennettavien lämpömittareiden avulla, mutta rasva ja höyry saattavat häiritä järjestelmän toimintaa.

Laitteita voidaan ohjata pois kontaktoreilla suurimpien kulutuspiikkien kohdalla. Maapuolella ratkaisu on yleinen, kun keittiöitä korjataan, mutta ei haluta kasvattaa kiinteistön kokonaistehoa. Näin saadaan pidettyä syöttökoko pienenä. Suurten keittilaitteiden kohdalla ei pientä poiskytkentäaikaa huomaa, joten ratkaisu on helppo korjaus useimmissa tapauksissa. Laivapuolella uudisrakennuksissa ei ole ongelmaa syöttöjen mitoituksissa, mutta laitteita voidaan ohjata pois päältä, mikäli ne ovat turhaan päällä esim. yön yli. Aika, jolloin laitteen tulisi olla käytössä, perustuu etukäteen asetettuihin risteilytietoihin ja aikaisemmin kerättyyn dataan.

Virta-antureina käytetään SeaKingin itse kehrittelemää anturia, joka muuntaa virta-arvon suoraan 4-20 mA -signaaliksi. Signaali voidaan lukea suoraan PLC:n analogiatulokortilla. Mittauksen tarkkuutta voidaan kasvattaa tekemällä anturista eri versio erisuuruisille ensiövirroille. SeaKing päätyi ratkaisuun, jossa virtamittarin mittausalue voidaan skaalata eri suuruisille virroille suoraan mittariin kytkettävällä vastuksella. /8/



Kuvio 10. CMS järjestelmäkaavio

Kaapelointi on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi telakalle ja joustavaksi SeaKingin näkökulmasta. Tiedonsiirtoprotokollana käytetään pääosin Profinettiä tai suoraan TCP/IP-kommunikointia. CAT-kaapeleita käytetään myös analogisten signaalien siirtoon. Tällä saavutetaan etuja, kun halutaan myöhemmin siirtyä väylää käyttäviin laitteisiin. CMS-järjestelmässä on käytössä myös muita väyliä keittiölaitteiden kanssa kommunikointiin, kuten RS485 ja RS232. Kuviossa 10 on esitetty periaatekuva CMS-järjestelmän rakenteesta.

Kuten ilmanvaihtojärjestelmissäkin, logiikkoina käytetään Siemensin PLC-laitteita. Normaalien PLC-komponenttien käytössä on etuja, kun kaikkia väyliä pystytään lukemaan samalla laiteella ja lisäksi varaosia on helposti saatavilla mistä päin maailmaa tahansa. Käyttämällä teollisuuslaitteita järjestelmä pysyy riittävän luotettavana.

8 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli luoda manuaali SeaKingin sisäiseen käyttöön. Ennen ongelmana ei ollut tiedon puute, vaan se, että tietoa oli liikaa ja se oli hankalasti saatavilla suunnittelijoiden näkökulmasta. Työntekijöillä on myös paljon kokemuksen kautta kerättyä tietoa, jota ei kuitenkaan ole muiden saatavilla. SeaKingin automaatiojärjestelmät ovat vielä melko uusia tuotteita, joten ne saattavat olla vielä tuntemattomia monille suunnittelijoille. Työhön kerättiin niiden tärkeimmät ominaisuudet.

Työhön hankittiin tietoa pääosin suoraan SeaKingin työntekijöiltä ja sisäisestä dokumentaatiosta. Muita lähteitä ovat luokituslaitosten standardit ja telakoiden aliurakoitsijoille tarkoitetut ohjeet.

Opinnäytetyön kirjoittaminen muun työn ohessa oli hyödyllistä. Teoriaa pystyi heti soveltamaan käytännössä ja vastaavasti laivalla tehdystä käytännön työstä sai vinkkejä mitä asioita manuaalin pitäisi sisältää.

Kokonaisuutena opinnäytetyö on kompakti manuaali, johon on koottu tärkeimmät sähköasennuksiin vaikuttavat seikat. Manuaalin kokoamisessa on huomioitu erityisesti ne seikat, joita telakka painottaa omissa ohjeissaan.

LÄHTEET

- /1/ Det Norske Veritas As. 2013. Offshore standard, Electrical Installations. Viitattu 17.2.2015. <http://glmaritimerules.dnvgl.com/en/gltools/18880.php>
- /2/ Det Norske Veritas As. 2014. Quantum of the Seas. Viitattu 10.3.2015. <https://exchange.dnv.com/Exchange/main.aspx?extool=vessel&subview=summary&vesselid=32027>
- /3/ Hyytiä, K. Laivan sähköverkon simulointi. Viitattu 16.2.2015. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2012/urn100586.pdf>
- /4/ Jonathan, S. 2012. Cruise Ship Fire Zones. Viitattu 10.2.2015. <https://grabcad.com/library/cruise-ship-fire-zones>
- /5/ Maukonen, I. 2015. SeaKing Oy. Project Manager. Haastattelu 17.2.2015.
- /6/ Metsävuori, P. 2015. SeaKing Oy, After Sales Services. Haastattelu 23.2.2015.
- /7/ Montonen, J. 2015. Vice President, Sales. SeaKing Oy. Haastattelu 2.2.2015.
- /8/ Pyörre, N. 2014. Laivakeittiöiden energianhallintajärjestelmän tiedonkeruu. Viitattu 10.2.2015.
- /9/ Ruppä, E. Laivojen sähköasennukset. Viitattu 2.2.2015. <http://salabra.tp.samk.fi/er/siirto/laiva.doc>
- /10/ Ruppä, E. Ylivirtasuojauksen selektiivisyys teollisuusverkossa. Viitattu 20.3.2015. <http://salabra.tp.samk.fi/er/siirto/selektiivisyys.doc>
- /11/ Rätty, P. 2015. SeaKing Oy, After Sales Services. Haastattelu 2.3.2015
- /12/ SeaKing Oy. 2015. Tekninen materiaali.
- /13/ Search Data Center. 2010. Categories of twisted pair cabling systems. Viitattu 15.3.2015. <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/Categories-of-twisted-pair-cabling-systems>
- /14/ Vane, J. Vice President, After Sales Services. SeaKing Oy. Haastattelu 20.3.2015
- /15/ Virtanen, O. 2010. Uudelle matkustaja-alukselle asetetut Safe Return to Port (SRTP) vaatimukset 1.7.2010 lähtien. Viitattu 25.3.2015. <https://publications.theseus.fi/handle/10024/12543>
- /16/ Vuori, E. 2008. Sähköisen potkurikäytön ohjaus ja säätö. Viitattu 10.2.2015. <https://www.theseus.fi/handle/10024/1275>

MPRXCX®

Type Approval Certificates

American Bureau of Shipping
Bureau Veritas
China Classification Society
Det Norske Veritas
Germanischer Lloyd
Lloyd's Register of Shipping
Registro Italiano Navale

Applications

MPRXCX type is used on board of ships at all levels and open decks for installations complying with IEC standards 60092-352. The good screening qualities of the braid also reduce radio interference and electrical influences to electronic installations. MPRXCX type withstands the IEC 60332-3 category A fire test on bunched cables and performs to the SOLAS requirements. All materials used to manufacture this cable are halogen free. This design ensures that non corrosive and low toxic gases are emitted in case of fire. Therefore, this cable type is especially suitable for installations on passenger ships.

**0.6/1 kV
250 V**

Max core temperature: 85 °C

Design

1. Conductor

Stranded bare copper
class 2
(Sector-shaped: $\geq 70 \text{ mm}^2$
3 cores)

2. Insulation

XLPE
(cross linked polyethylene)

3. Inner covering

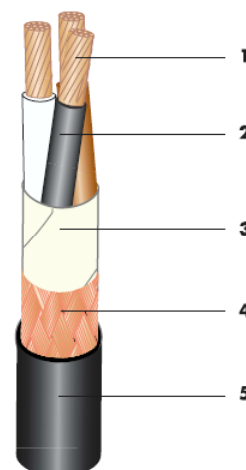
- Lapped

4. Armouring

Bare copper braid

5. Outer sheath

Polyolefin
Colour: black



Marking

NEXANS 205 MPRXCX
«voltage» «n» x «s» mm²
85C IEC 60332-3A «year»
* CE *
+ Metric Marking

Core Identification

1 cores: black
2 cores: black-blue
3 cores: black-white-brown or
green/yellow
4 cores: black-blue-brown-white
or green/yellow
For the voltage 250 V and from 5
cores and above 0.6/1 kV:
white with black printed numbers

Standards

IEC 60228
IEC 60092-3
IEC 60092-350
IEC 60332-3 Cat. A
IEC 60754-1/60754-2
IEC 61034



Fire retardant
IEC 60332-3



Low smoke
IEC 61034



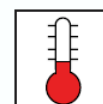
Halogen free
IEC 60754-1



No toxicity



No corrosivity
IEC 60754-2



-30 + 75 °C



Table 2-7 Rating of cables with temperature class 70°C

Nominal cross-section (mm ²)	Current rating (A) (Based on ambient temperature 45°C)					
	Single-core		2-core		3 or 4-core	
1.5	15		13		11	
2.5	21		18		15	
4	29		25		20	
6	37		31		26	
10	51		43		36	
16	68		58		48	
25	90		77		63	
35	111		94		78	
50	138		117		97	
70	171		145		120	
95	207		176		145	
120	239		203		167	
150	275		234		193	
185	313		266		219	
240	369		314		258	
300	424		360		297	
400 500 630	DC	AC	DC	AC	DC	AC
	500	490	425	417	350	343
	580	550	493	468	406	385
	670	610	570	519	469	427

Table 2-8 Rating of cables with temperature class 90°C

Nominal cross-section (mm ²)	Current rating (A) (Based on ambient temperature 45°C)					
	Single-core		2-core		3 or 4-core	
1	18		15		13	
1.5	23		20		16	
2.5	30		26		21	
4	40		34		28	
6	52		44		36	
10	72		61		50	
16	96		82		67	
25	127		108		89	
35	157		133		110	
50	196		167		137	
70	242		206		169	
95	293		249		205	
120	339		288		237	
150	389		331		272	
185	444		377		311	
240	522		444		365	
300	601		511		421	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	690	670	587	570	483	469
500	780	720	663	612	546	504
630	890	780	757	663	623	546

Table 2-9 Correction factors for ambient temperature

Cable temperature class	Ambient temperature (°C)										
°C	35 ¹⁾	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
60 ²⁾	1.29	1.15	1.00	0.82	-	-	-	-	-	-	-
70	1.18	1.10	1.00	0.89	0.77	0.63					
85	1.12	1.06	1.00	0.94	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50	-	-
90	1.10	1.05	1.00	0.94	0.88	0.82	0.74	0.67	0.58	0.47	-
95	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63	0.55	0.45

- 1) Correction factors for ambient temperature below 40°C will normally only be accepted for:
- cables in refrigerated chambers and holds, for circuits which only are used in refrigerated service
 - cables on offshore unit with class notation restricting the service to non-tropical water.
- 2) 60°C cables shall not be used in engine and boiler rooms.